

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

# **Optimalizace systému vytápění rodinného domu**

## Optimization of Family House Heating System

Student:	Natálie Hájková
Osobní číslo:	HAJ0155
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

Ostrava 2020

## Zadání bakalářské práce

Student: **Natálie Hájková**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **3907R009 Provoz energetických zařízení**  
Téma: **Optimalizace systému vytápění rodinného domu**  
**Optimization of Family House Heating System**  
Jazyk vypracování: **čeština**

### Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat:

- 1) Popis současného systému vytápění rodinného domu, včetně stanovení velikosti jeho tepelných ztrát.
- 2) Studii zaměřenou na možnost minimalizace tepelných ztrát a využití různých typů spalovací zdrojů a paliv pro vytápění, při dodržení současných legislativních požadavků.
- 3) Zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých způsobů vytápění.
- 4) Porovnání ročních provozních nákladů na vytápění při zahrnutí navržených změn se současným způsobem.

### Seznam doporučené odborné literatury:


DUFKA, Jaroslav. Vytápění domů a bytů. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. Profi & hobby, 99. ISBN 80-247-0642-3.  
DUFKA, Jaroslav. Vytápění netradičními zdroji tepla. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-079-2.  
DUFKA, Jaroslav. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha: Grada Publishing, 2007. Profi & hobby, 125. ISBN 978-80-247-2019-7.  
ČSN pro výpočet tepelných ztrát budov.  
Internetové stránky výrobců kotlů malých výkonů.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020.

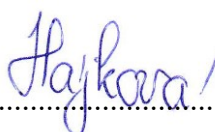
A handwritten signature in blue ink, reading "Hajkova", is written over a horizontal dotted line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020.

  
.....  
Podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HÁJKOVÁ, N. Optimalizace systému vytápění rodinného domu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2020, 58 s. Vedoucí práce: Ing. Výtisk, T. Ph.D.

Bakalářská práce zahrnuje studii zaměřenou na možnost využití různých typů spalovacích zdrojů a paliv pro vytápění rodinného domu a metodu stanovení tepelných ztrát. V teoretické části jsou popsány jednotlivé druhy paliv, různé typy spalovacích zařízení a je provedeno zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých způsobů vytápění. Praktická část je věnována stanovení tepelných ztrát rodinného domu a na základě jejich velikosti je zvoleno vhodné spalovací zařízení. V závěrečné části práce jsou vypočtené roční provozní náklady na vytápění, při využití popsaných spalovacích zdrojů, porovnány s náklady na provoz současného systému vytápění.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HÁJKOVÁ, N. Optimization of Family House Heating System: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Operation of Energy Equipment, 2020, 58 p. Thesis head: Ing. Výtisk, T. Ph.D.

Bachelor thesis includes the study focused on the possibility of using different types of combustion sources and fuels for heating of the family house and the method of heat loss determination. There are described individual types of fuels, different types of combustion equipments and advantages and disadvantages of individual heating methods in the theoretical part. The practical part is devoted to the determination of the family house heat loss and based on their size a suitable combustion device is selected. Calculated annual operating costs of heating by using of described combustion sources are compared with the operating costs of the current heating system in the final part of the thesis.

# Obsah

Úvod.....	11
1 Možnosti vytápění rodinného domu .....	12
2 Typy paliva.....	12
2.1 Tuhá paliva.....	12
2.1.1 Uhlí (tříděné) a uhelný koks .....	13
2.1.2 Dřevo .....	14
2.1.3 Pelety .....	15
2.1.4 Dřevěné brikety.....	16
2.2 Kapalná paliva.....	16
2.2.1 Lehké topné oleje.....	17
2.3 Plynná paliva.....	18
2.3.1 Zemní plyn.....	18
2.3.2 Bioplyn.....	18
2.3.3 Propan-butan.....	19
3 Spalovací zdroje pro vytápění .....	19
3.1 Kotle na tuhá paliva .....	19
3.2 Kotle na kapalná paliva.....	21
3.3 Kotle na plynná paliva .....	21
3.4 Elektrokotle .....	24
4 Porovnání paliv a spalovacích zdrojů.....	25
5 Účinnost kotlů .....	27
6 Emise .....	29
7 Tepelná bilance.....	30
7.1 Popis rodinného domu a současného systému vytápění domu .....	30
7.2 Teorie výpočtu tepelných ztrát.....	31
7.3 Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými zdmi .....	33
7.4 Tepelná ztráta prostupem tepla podlahou .....	34
7.5 Tepelná ztráta prostupem tepla přes strop.....	35
7.6 Tepelná ztráta prostupem tepla přes šikmou zeď .....	36
7.7 Tepelná ztráta prostupem tepla přes střechu .....	37
7.8 Tepelná ztráta prostupem tepla okny, dveřmi a vraty .....	38
7.9 Tepelná ztráta prostupem tepla s přírážkami .....	38
7.10 Tepelná ztráta větráním.....	39
7.11 Celková tepelná ztráta .....	40

8	Porovnání ročních nákladů na vytápění .....	40
9	Analýza získaných výsledků .....	45
10	Závěr .....	47
11	Poděkování.....	48
12	Citace .....	49
13	Seznam příloh .....	52

## Seznam použitých zkratk a symbolů

Značka	Veličina	Jednotka
$B$	Charakteristické číslo budovy	$[Pa^{0,67}]$
$D$	Počet denostupňů	$[K \cdot dny]$
$d$	Délka topného období	$[dny]$
$h_o$	Výška okna	$[m]$
$h_s$	Výška stěny	$[m]$
$i_{LV}$	Součinitel spárové průvzdušnosti	$[m^3/m \cdot s \cdot Pa^{0,67}]$
$k$	Součinitel prostupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
$k_c$	Průměrný součinitel prostupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
$L$	Délka spár otvíratelných oken a dveří	$[m]$
$l$	Šířka jednotlivé vrstvy konstrukce	$[m]$
$l_o$	Délka okna	$[m]$
$l_s$	Délka stěny	$[m]$
$M$	Charakteristické číslo místnosti	$[-]$
$N_{p-rok}$	Roční provozní náklady na vytápění	$[Kč/rok]$
$m_{pal}$	Roční spotřeba paliva	$[kg/rok, t/rok]$
$p_1$	Přirážka na vliv chladných konstrukcí	$[-]$
$p_2$	Přirážka na urychlení zátopy	$[-]$
$p_3$	Přirážka na světovou stranu	$[-]$
$Q_c$	Celková tepelná ztráta	$[W]$
$Q_o$	Základní tepelná ztráta prostupem tepla bez přirážek	$[W]$
$Q_p$	Tepelná ztráta prostupem tepla	$[W]$
$Q_v$	Tepelná ztráta větráním	$[W]$
$Q_i^r$	Výhřevnost paliva	$[MJ/kg, MJ/m^3, MJ/kWh]$
$Q_{vyt-r}$	Spotřeba na vytápění za rok	$[GJ/rok]$
$Q_{vyt-rR}$	Reálná spotřeba tepla na vytápění za rok pro plynná paliva	$[MWh/rok]$
$R_{se}$	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[m^2 \cdot K/W]$
$R_{si}$	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[m^2 \cdot K/W]$
RD	Rodinný dům	$[-]$
$S$	Plocha stěny	$[m^2]$
$S_o$	Plocha okna	$[m^2]$
$S_s$	Plocha stěny	$[m^2]$



$t_e$	Venkovní teplota výpočtová	$[^{\circ}C]$
$t_{es}$	Průměrná venkovní výpočtová teplota	$[^{\circ}C]$
$t_i$	Vnitřní teplota výpočtová	$[^{\circ}C]$
$t_{is}$	Průměrná vnitřní výpočtová teplota	$[^{\circ}C]$
$\alpha_e$	Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[W/m^2 \cdot K]$
$\alpha_i$	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[W/m^2 \cdot K]$
$\varepsilon$	Opravný součinitel	$[-]$
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti	$[W/m \cdot K]$
$\eta_k$	Účinnost spalovacího zařízení	$[-]$
$\eta_o$	Účinnost regulace soustavy	$[-]$
$\eta_r$	Účinnost rozvodu vytápění	$[-]$

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1.1 – Černé uhlí .....	13
Obrázek 2.1.2 – Koks .....	14
Obrázek 2.1.3 – Dřevo .....	14
Obrázek 2.1.4 – Pelety .....	15
Obrázek 2.1.5 – Dřevěné brikety .....	16
Obrázek 2.2.1 – LTO .....	17
Obrázek 7.1.1 – Rodinný dům .....	30

## Seznam tabulek

Tabulka 3.1.1 – Obchodní parametry kotle .....	20
Tabulka 3.1.2 – Obchodní parametry kotle .....	20
Tabulka 3.2.1 – Obchodní parametry kotle .....	21
Tabulka 3.3.1 – Obchodní parametry kotle .....	22
Tabulka 3.3.2 – Obchodní parametry kotle .....	23
Tabulka 3.3.3 – Obchodní parametry kotle .....	23
Tabulka 3.4.1 – Obchodní parametry kotle .....	24
Tabulka 4.1 – Porovnání paliv, výhřevnosti a ceny .....	25
Tabulka 4.2 – Poplatky .....	26
Tabulka 4.3 – Výhody a nevýhody používání jednotlivých druhů paliv .....	27
Tabulka 5.1 – Porovnání typů zdrojů a jejich účinnosti .....	28
Tabulka 7.2.1 – Odpor při přestupu tepla .....	31
Tabulka 7.2.2 – Odpor při přestupu tepla .....	32
Tabulka 7.2.3 – Přirážky na světovou stranu .....	32
Tabulka 7.3.1 – Vrstvy obvodových zdí a součinitel tepelné vodivosti .....	33
Tabulka 7.3.2 – Tepelná ztráta bez přirážek v přízemí a 1. patře .....	34
Tabulka 7.4.1 – Vrstvy podlahy a součinitel tepelné vodivosti .....	34
Tabulka 7.4.2 – Tepelná ztráta bez přirážek v přízemí .....	35
Tabulka 7.5.1 – Vrstvy stropu a součinitel tepelné vodivosti .....	35
Tabulka 7.5.2 – Tepelná ztráta bez přirážek v 1. patře .....	36
Tabulka 7.6.1 – Vrstvy šikmé zdi a součinitel tepelné vodivosti .....	36
Tabulka 7.6.2 – Tepelná ztráta bez přirážek v 1. patře .....	37
Tabulka 7.7.1 – Vrstvy střechy a součinitel tepelné vodivosti .....	37
Tabulka 7.8.1 – Tepelná ztráta bez přirážek oken, dveří a vrat .....	38
Tabulka 7.10.1 – Tepelná ztráta větráním .....	39
Tabulka 7.11.1 – Obchodní parametry kotle .....	41
Tabulka 7.11.2 – Obchodní parametry kotle .....	42
Tabulka 7.11.3 – Porovnání nákladů na vytápění .....	44

## Seznam

Graf 7-1 – Porovnání tepelných ztrát rodinného domu .....	40
Graf 8-1 – Pořizovací cena .....	44
Graf 8-2 – Roční náklady na vytápění .....	45

## Úvod

Cílem mé práce je optimalizovat systém vytápění rodinného domu, a tak snížit jeho energetickou náročnost. Každý vlastník domu chce zajistit maximální tepelnou pohodu svého domova. Největší množství energie se spotřebuje v domácnostech právě na vytápění a dále pak na ohřev vody pro užitkové účely. Z těchto důvodů je velmi důležité rozhodnutí majitele, jaký typ vytápění si zvolí pro svůj dům.

Důležitá je jak volba otopného systému, tak palivo, které se bude pro vytápění využívat. Z hlediska hospodárnosti provozu a minimalizace energetické náročnosti je potřeba snížit tepelné ztráty na minimum, vybavit otopnou soustavu moderními prvky s vysokou účinností a využívat regulaci provozu vytápění.

V teoretické části se budu nejprve věnovat popisu základních typů paliv, kterých je v dnešní době možno, pro spalování v rodinných domech, využívat. S tím souvisí i různé druhy spalovacích zdrojů, kterými jsou kotle na tuhá, kapalná či plynná paliva. Každý způsob vytápění přináší určité výhody a nevýhody, které v další části práce porovnávám.

Pro správnou volbu vhodného spalovacího zdroje a zejména jeho potřebného výkonu, nejdříve vypočítám celkovou tepelnou ztrátu dvoupatrového rodinného domu dle normy ČSN 06 0210 a dále vyčísím potřebné náklady na jeho vytápění.

V závěru práce bude z předložených variant zvoleno vhodné spalovací zařízení pro pokrytí tepelných ztrát rodinného domu při současném respektování optimálních nákladů na vytápění s využitím různých typů spalovacích zdrojů a paliv.

# 1 Možnosti vytápění rodinného domu

Existuje několik způsobů, jak vytápět dům. Lze jej rozdělit do základních skupin, na vytápění tuhými, kapalnými, plynými palivy a alternativní vytápění. Každý zdroj vytápění má své výhody i nevýhody, ať už z hlediska komfortu obsluhy nebo ekonomiky provozu. Proto při volbě primárního zdroje vytápění musíme vzít v úvahu nejen cenu a perspektivu paliva, ale je také potřeba přemýšlet nad tím, jak energeticky úsporný dům vlastníme. U biomasy je velice důležitá dostupnost, protože s dovozní vzdáleností cena roste.

U rodinných domů se využívá lokální typ vytápění, kdy se tepelný zdroj nachází ve vytápěné místnosti, nebo etážové vytápění. Etážové vytápění je otopný systém založený na jednom topidle. Vyrobené teplo je rozváděno trubkovými rozvody tepla do otopných těles. [7]

## 2 Typy paliva

### 2.1 Tuhá paliva

Tuhá paliva mají v celkovém energetickém mixu stále značný podíl. Ze všech druhů je nejdéle použitelné palivo. Nejčastějšími palivy jsou různé druhy uhlí, které se řadí mezi fosilní paliva, tzn. neobnovitelná. Z paliv obnovitelných se nejvíce používá biomasa jako různé dřevní hmoty ve formě pelet a briket. Důležitou vlastností paliva je výhřevnost, zrnitost a obsah vody. Palivo by mělo obsahovat, co nejméně vlhkosti. Skladovat by se mělo v odvětraných a suchých prostorech. Při využití tohoto způsobu vytápění je však potřeba počítat se stále přísnějšími předpisy pro emise, které při hoření těchto paliv vznikají. [1]

#### Výhody:

- poměrně nízké provozní náklady,
- automatické dávkování (pelety),
- dobrá účinnost,
- možná zásoba v období nižší ceny paliva. [2]

#### Nevýhody:

- pracné, vyžaduje pravidelnou obsluhu (dřevo),
- vynášení popela,
- nutné velké skladovací prostory,
- vznik znečišťujících látek při spalování. [2]

### 2.1.1 Uhlí (tříděné) a uhelný koks

Uhlí je černá nebo hnědá hořlavá hornina, viz obrázek č. 2.1.1, získávána dolováním z povrchových nebo hlubinných dolů. Uhlí obsahuje převážně uhlík, vodík, ale také síru a radioaktivní příměsi (uran a thorium). Využíváme ho jako palivo pro výrobu tepla a elektřiny. Většina cen paliv každoročně mírně stoupá a uhlí (černé i hnědé) stále patří k levnějším způsobům vytápění. Avšak vzhledem k negativním vlivům na životní prostředí, jejich využití klesá. [1]



**Obrázek 2.1.1– Černé uhlí**

*Zdroj: <https://www.resorbent.cz/uhli>*

Uhelný koks vzniká pyrolýzou černého uhlí při vysoké teplotě – nad 1000 °C – bez přístupu vzduchu. Pro výrobu koksu se používá černé uhlí, pokud možno s nízkým obsahem síry a vhodnými vlastnostmi pro termické zpracování. Vedlejšími produkty koksárenského procesu jsou čpavek, surový dehet, surový benzol, koksárenský plyn a síra. Slouží pro vytápění a výrobu teplé užitkové vody. Jako jeden z mála tuhých paliv je povolen i v centrech měst. Při jeho spalování vzniká prakticky pouze CO<sub>2</sub>, které je doprovázeno relativně nízkou prašností. Na obrázku č. 2.1.2 je zvětšený povrch koksu. [1]



**Obrázek 2.1.2 – Koks**

Zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Koks>

### **2.1.2 Dřevo**

Jedná se o obnovitelný zdroj energie, který je běžně dostupný a se začátkem topné sezóny se zvětšuje jeho poptávka. Vytápění rodinných domů se řadí k nejlevnějším zdrojům energie. Dřevo není velice komfortní palivo. Zakoupení suchého dřeva za rozumnou cenu je složité, lidé kupují dřevo mokré – surové, které je možné vidět na obrázku č. 2.1.3. Jeho vlhkost se pohybuje v rozmezí 40–50 %. Je nutné vyhradit větší prostor pro skladování dřeva. Do kotle se vhazuje suché dřevo, tudíž je nutné zvolit vhodné podmínky pro skladování, aby došlo k vysušení. Při příznivých podmínkách se zhruba po dobu 2 let vysušování vlhkost sníží na hodnotu 20 %, což je hodnota vlhkosti, kterou by nemělo kvalitní dřevo přesáhnout. Skladování dřeva není vždy jednoduchou záležitostí. Komplikace, které mohou nastat při skladování je vlhkost a biologická rozložitelnost. [3]



**Obrázek 2.1.3 – Dřevo**

Zdroj: <https://www.drevo-dolezal.cz/produkt/>



### 2.1.3 Pelety

Pelety patří mezi ekologické a ekonomické palivo. Vyrábí se z odpadu vznikající při dřevovýrobě. Tento odpad je potřeba velice dobře rozdrtit. Pomocí lisů a vysokého tlaku se slisuje tak, aby vznikly stejnoměrné válečky pelet bez dodatečných pojiv. Na obrázku č. 2.1.4 je znázorněn vzhled válečků pelet. Lisováním z drobných pilin vzniká produkt, směle konkurující hnědému uhlí, co se týče energetických vlastností. Spalování probíhá ve speciálních automatických kotlích nebo kamnech. Není nutná častá obsluha jako u dřeva nebo uhlí. Oproti jiným druhům tuhých paliv je velice komfortní a chod kotle se řídí automaticky pomocí termostatu. Po spálení paliva lze dále zbylý popel využít jako přírodní hnojivo.

V ČR stojí za rozšířením pelet velkou měrou dotace na kotle spalující pelety. Obyvatelé ČR mohou získat dotaci na výměnu kotle na pevná paliva, která zahrnuje určité podmínky:

- Vytápění domu kotlem na uhlí nebo dřevo s ručním přikládáním.
- Kotel musí patřit do 1. nebo 2. emisní třídy nebo ji nesmí mít stanovenou vůbec.
- Kotel musí sloužit jako hlavní zdroj tepla nebo jako druhý zdroj spolu s plynem, elektrokotlem atd. [3]



**Obrázek 2.1.4 – Pelety**

Zdroj: <https://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo-informace-pro-experty/>

### 2.1.4 Dřevěné brikety

Briketa je ekologické palivo z dřevního odpadního materiálu nebo rostlinné biomasy. Vyrábí se lisováním do tvaru válce či kvádrů o délce až 30 cm, viz obrázek č. 2.1.5. Při výrobě v dřevozpracovatelském průmyslu není užito umělých pojiv. Lisování probíhá pod vysokým tlakem, kdy se z dřevní hmoty uvolňuje stejně jako při výrobě palet tzv. lignin, který zastupuje funkci pojiva. Při hoření nedochází k uvolňování škodlivých látek a nedochází ke znečišťování životního prostředí. Popel z briket lze využít jako hnojivo. [3]



*Obrázek 2.1.5 – Dřevěné brikety*

Zdroj: <http://www.palivazdemar.cz/novinky/kvalitni-drevene-brikety-vysoka-vyhrevnost>

## 2.2 Kapalná paliva

Palivo, které se vyrábí destilací nebo rafinací ropy. Při destilaci ropy se oddělují složky, které mají různou hustotu a viskozitu. Tomuto rozdělení odpovídají i druhy topných olejů:

- Těžký topný olej (mazut) – má nejvyšší hustotu a viskozitu, používá se především v průmyslu a energetice v tepelných zařízeních s vyšším instalovaným výkonem (nad 5 MW).
- Lehký topný olej – je ze všech druhů nejkvalitnější a obsahuje nejvíce energie. Používá se především pro vytápění rodinných domů a v kotelnách do instalovaného výkonu 5 MW. [1]

Olejoyé topení lze úspěšně kombinovat i s obnovitelnými zdroji energie, jako jsou solární termické kolektory k ohřevu teplé vody a k podpoře vytápění nebo s dalšími zdroji tepla v domě, jako je krb nebo krbová kamna s výměníkem, tepelné čerpadlo atd. [8]



#### Výhody:

- šetrné k životnímu prostředí,
- komfortní ovládání a regulace,
- odvod spalin s nízkými emisemi. [2]

#### Nevýhody:

- nutnost zásobníku,
- únik naftového zápachu,
- vysoká cena. [2]

### **2.2.1 Lehké topné oleje**

Lehký topný olej je palivo k vytápění s vysokou výhřevností, která je vyšší než u uhlí. Stejně komfortní obsluha a provoz jako u kotle na elektřinu, ale oproti nim je vytápění výrazně levnější. Ve srovnání s tuhými či plynými palivy je způsob vytápění pohodlný a bezobslužný, zároveň také ekologický a šetrný k životnímu prostředí. Tento způsob vytápění není dosud v České republice příliš běžný. K bezpečnému uskladnění zásoby topného oleje slouží nádrže umístěné přímo v domě. Jsou neprodyšně uzavřené a vybavené speciální bariérou, která zabraňuje úniku naftového zápachu do domu. Na obrázku č. 2.2.1 je vyobrazena struktura a barva lehkého topného oleje. [1]



**Obrázek 2.2.1 – LTO**

Zdroj: <http://www.utulnydum.cz/clanek/Coz-takhle-topit-olejem>

## 2.3 Plyná paliva

Plyná paliva jsou směsi hořlavých a nehořlavých plynů. Patří k nejrozšířenějším palivům v domácnosti. Vytápění je velmi komfortní a spalování má vysokou účinnost. Oproti tuhým palivům neznečišťují tolik životní prostředí. Při vytápění neunikají saze a nevzniká ani popel. Předností je doprava plynovodními rozvody na neomezenou vzdálenost. [1]

### Výhody:

- snadná obsluha, dobrá výhřevnost, komfort,
- možnost i pro ohřev vody,
- úspora díky využití kotlíkových dotací. [2]

### Nevýhody

- každoročních revizí,
- náklady na zavedení přípojky a rozvodu plynu,
- nutnost úpravy komínu,
- rizika spojená s možností úniku plynu. [2]

### 2.3.1 Zemní plyn

Zemní plyn je fosilní palivo s vysokým obsahem metanu. Těžba probíhá pomocí vrtů, které jsou vedeny přímo do pórovitých ložisek. Ložiska se vyznačují ohraničením nepropustnými vrstvami a vodou. Řadí se do skupiny tzv. velmi výhřevných plynů a je využíván pro široké spektrum potřeb. Stal se nepostradatelným zdrojem energie pro naši společnost. Vytápění zemním plynem je pohodlné s vysokou účinností a dobrou regulací. Spalováním zemního plynu vzniká ve srovnání s pevnými a kapalnými palivy daleko méně škodlivin – prach a oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ) jsou ve spalínách obsaženy v zanedbatelných množstvích a také emise oxidu uhelnatého ( $\text{CO}$ ) a uhlovodíků jsou ve srovnání s ostatními palivy výrazně nižší. [4]

### 2.3.2 Bioplyn

Bezbarvý plyn skládající se z metanu a oxidu uhličitého. Vzniká působením bakterií při rozkladu organické hmoty bez přístupu kyslíku. Náročná doprava a manipulace jsou příčinou časté záporné energetické a nákladové bilance. Řešení přináší domácí plynová stanice, která snižuje závislost na dodávkách tepla, resp. elektřiny. [4]

### 2.3.3 Propan-butan

Bezbarvá a nezapáchající směs zkapalněných plynů propanu a butanu. Výhodou je vysoký topný výkon při nízké pořizovací ceně a snadná regulace. Provozní náklady jsou však výrazně vyšší než při vytápění tuhými palivy. To, jak bude vytápění pomocí LPG finančně náročné závisí také na dodavateli plynu. Proto je důležité, si vybrat, co nejlevnější společnost zabývající se dodávkami plynu. Při spalování nedochází ke vzniku žádných sazí ani pevného odpadu a množství škodlivých emisí je několikanásobně nižší než při užívání tuhých paliv. V dnešní době nepatří mezi oblíbené a používané zdroje paliva. [4]

## 3 Spalovací zdroje pro vytápění

V případě malých vytápěcích zdrojů se považují za spalovací zařízení lokální topeniště (kamna, krby), kotlová zařízení nebo jejich kombinace. V dnešní době se nespolehá pouze na jeden zdroj tepla, kvůli kolísající ceně jednotlivých paliv. Existují domácnosti, které používají dva nebo dokonce tři způsoby vytápění. Velmi častá je například varianta uhlí a plyn nebo uhlí a elektřina. Rozšířená a oblíbená je také kombinace s krbem nebo krbovými kamny na dřevní hmotu. [7]

### 3.1 *Kotle na tuhá paliva*

Vytápění rodinných domů tuhými palivy, zejména uhlím a dřevem, je nejlevnější variantou. Při hoření vznikají emise, pro které platí stále přísnější předpisy. V současné době je již možné koupit pouze kotle třetí a vyšší emisní třídy, které díky použitým technologiím palivo spalují.

Z hlediska komfortu se upřednostňují zejména automatické kotle před kotly s ručním přikládáním. Přednostní je i minimalizování spotřeby paliva pomocí plynulé regulace výkonu.

Pokud jde o samotný druh paliva, vysokou perspektivu mají pelety. Jako u plynových kotlů umožňují podobný komfort obsluhy bez ručního přikládání, avšak nevýhodou jsou skladovací prostory.

V následující části jsem popsala dva nejčastěji využívané typy kotlů s automatickou dopravou tuhého paliva do spalovací komory. [6]

### **Automatický kotel Viadrus A3W**

Jedná se o oceloplechový kotel na hnědé uhlí a dřevní pelety s automatickým podavačem paliva. Kotel je vybaven řídicí jednotkou Climatix ve verzi STANDARD nebo ve verzi WEB, kterou je možné ovládat přes internet. I díky vysoké účinnosti je kotel v 5. emisní třídě. Kotel je v ČR zařazen do kotlíkových dotací. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.1.1. [16]

***Tabulka 3.1.1 – Obchodní parametry kotle***

Účinnost:	88,5–91 %
Výkon:	7,5–25 kW
Typ:	Automatický
Emisní třída	5
Palivo:	Pelety, hnědé uhlí
Materiál:	Ocel

### **Atmos D 15 P**

Ocelový kotel na dřevěné pelety s automatickým doplňováním paliva. Za pomoci šnekového dopravníku odebírá pelety ze zásobníku. Výkon kotle a další funkce hořáku jsou řízeny elektronickou regulací, která umožňuje přizpůsobit chod kotle podmínkám celého systému.

Doplňování pelet, čištění spalovací komůrky hořáku a vybírání popela provádíme, jednou za 1–30 dní, a to podle kvality pelet a velikosti zásobníku. V případě potřeby je možné kotle vybavit automatickým odpopelňovacím systémem pro komfortní vytápění s minimální obsluhou. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.1.2. [15]

***Tabulka 3.1.2 – Obchodní parametry kotle***

Účinnost:	90–93 %
Výkon:	15 kW
Typ:	Automatický
Emisní třída:	5
Palivo:	Dřevěné pelety
Materiál:	Ocel
Výrobce:	Atmos
Hmotnost:	289 kg
Cena:	40 694 Kč

### 3.2 Kotle na kapalná paliva

Dnes se tento spalovací zdroj moc nevyužívá, a pokud ano, tak v rekreačních oblastech. Uplatňují se tam, kde se nevyplatí pokládat inženýrské sítě a zároveň je zde nevýhodné topit klasickými topidly na pevná paliva. Kotle na kapalná paliva mají obdobnou konstrukci jako kotle na plyn, ale jsou vybaveny jinými typy hořáků. Mají dlouhou životnost, snadno se regulují a jsou dosti výkonné. Vyžadují ale nákladnou stavební investici do bezpečného zásobníku tekutého paliva. [8]

Z důvodu nedostatku informací o kotlích malých výkonů spalujících kapalně palivo v nejvyšší emisní třídě, uvádím v následující části alespoň příklad kotle spalujícího olej, který splňuje 3. emisní třídu.

#### **Hercules U22 PN**

Olejový kotel Hercules U22 je třítahový stacionární kotel s litinovým výměníkem a přetlakovou spalovací komorou. Tento typ kotle je určen pro zapojení do nízkotlakých teplovodních soustav ústředního vytápění. Maximální teplota teplonosné látky je do 90 °C. Kotel je vyráběn ve výkonu od 11,7 do 58,1 kW. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.2.1. [14]

**Tabulka 3.2.1 – Obchodní parametry kotle**

Účinnost:	89 %
Výkon:	11,7–58,1 kW
Typ:	Automatický
Emisní třída:	3
Palivo:	Olej
Materiál:	Ocel, litina
Výrobce:	Viadrus
Hmotnost:	218 kg
Cena:	25 159 Kč

### 3.3 Kotle na plynná paliva

Zařízení využívající zemní plyn jako palivo, popřípadě kombinaci propan butanu známé jako LPG provoz. Vytápění je velice komfortní a poměrně levné. V dnešní době můžeme plynové kotle dělit do dvou kategorií. Běžné plynové kotle a moderní kotle kondenzační, které využívají také teplo získané při kondenzaci spalin, vzhledem k vyšší účinnosti

spalování, mají jejich provoz velmi úsporný. Kvalitní kotle tohoto typu nabízí vyšší účinnost než 100 %. Ve srovnání s běžným plynovým kotlem dokážou ušetřit i více než 20 % nákladů na teplo. Evropská komise již zakazuje výrobu atmosférických kotlů a turbokotlů a dochází tak k postupnému přechodu na modernější kondenzační technologie. Protože na trhu jsou stále k dispozici obě kategorie kotlů, uvádím v následující části přehled 3 kotlů [7]

### **Thermona THERM PRO 14XZ.A**

Plynový kotel nabízí možnost ohřevu vody v zásobníku a v teplovodním systému pracuje stejným způsobem jako kotle určené pouze pro topení. Součástí nástěnného kotle je integrovaný trojcestný ventil, zajišťující ohřev vody v externím zásobníku. Dle typu výběru paliva je dostupný ve dvou variantách, a to kotel spalující zemní plyn nebo propan. Možnost regulace podle prostorové nebo venkovní teploty a řízení pokojovým termostatem či inteligentním pokojovým regulátorem. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.3.1. [12]

***Tabulka 3.3.1 – Obchodní parametry kotle***

Účinnost:	92 %
Výkon:	5–14 kW
Typ:	Závěsný
Emisní třída:	5
Palivo:	Zemní plyn, propan
Materiál:	Ocel
Odkouření typ:	Do komína
Výrobce:	Thermona
Hmotnost:	30 kg
S ohřevem vody TUV:	S ohřevem v zásobníku
Cena:	32 809 Kč

### **Mora-Top Helios ECO 18KK**

Plynový kotel s jednoduchou obsluhou a nastavení přes displej. Umožňuje připojení prostorového regulátoru a jednotky Open Therm. Jeho výhodou je velmi tichý start hořáku a nízký obsah škodlivin. Využívá se pouze k vytápění nebo ve verzi „kombi“ k ohřevu TUV průtokovým ohřevem. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.3.2. [13]

**Tabulka 3.3.2 – Obchodní parametry kotle**

Účinnost:	93 %
Výkon:	7–20 kW
Typ:	Závěsný
Emisní třída:	5
Palivo:	Zemní plyn
Materiál:	Ocel
Odkouření typ:	Do komína
Výrobce:	Mora-Top
Hmotnost:	30 kg
S ohřevem vody TUV:	S ohřevem průtokovým
Cena:	19 064 Kč

**Vaillant VU 146/5-5 ecoTEC plus kondenzační kotel**

Kondenzační plynový kotel je vybaven elektronickým zapalováním a plynovou regulací výkonu. Součástí kotle je nerezový kondenzační výměník, expanzní nádoba, pojistný ventil a trojcestný přepínací ventil pro připojení nepřímotopného zásobníku. Teplota topné vody lze nastavit v rozsahu 35 až 86 °C a kotle je vhodné využít pro nízkoteplotní podlahové systémy. Vysoká účinnost kotle je zaručena použitím speciální konstrukce kondenzačního výměníku, kde dochází ke kondenzaci spalín. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.3.3. [17]

**Tabulka 3.3.3 – Obchodní parametry kotle**

Účinnost:	108 %
Výkon:	3,3–14,9 kW
Typ:	Závěsný
Typ provedení:	Kondenzační kotel
Emisní třída:	5
Palivo:	Zemní plyn, propan
Odkouření typ:	Turbo
Výrobce:	Vaillant
Hmotnost:	33 kg
S ohřevem vody TUV:	S možností ohřevu
Cena:	39 497 Kč

### 3.4 Elektrokotle

Elektrokotel je také rozšířeným produktem, jelikož je často využíván v místech, kde není možno využívat plynná paliva. Vyznačuje se kompaktními rozměry, velmi tichým a bezpečným provozem. Jeho provoz je ale velice nákladný a využití se tak nejvýhodněji ukazuje pouze v energeticky úsporných domech. [2]

#### **Protherm RAY 12KEB60ZB**

Provoz kotle je velice jednoduchý a tichý. Již z výroby je kompletně vybaven provozními a bezpečnostními prvky včetně základní regulace. Elektrokotle mají pro vyšší efektivitu provozu plynulý modulační rozsah výkonu. Vestavěná regulace přizpůsobuje teplotu otopné vody venkovním podmínkám. Ekvitermní řízení kotle umožňuje připojení venkovního čidla. Obchodní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce č. 3.4.1. [11]

***Tabulka 3.4.1 – Obchodní parametry kotle***

Účinnost:	99,5 %
Výkon:	max.12 kW
Typ:	Elektrokotel
Palivo:	Elektřina
Materiál:	Ocel
Výrobce:	Protherm
Hmotnost:	34 kg
S ohřevem vody TUV:	S ohřevem v zásobníku
Cena:	25 779 Kč



## 4 Porovnání paliv a spalovacích zdrojů

V následující tabulce 4.1 jsou porovnány jednotlivé druhy paliv a jejich výhřevnost. Dále jsou uvedené kotle s jejich účinnostmi a celkové náklady na topnou sezónu. [5]

*Tabulka 3.4.1– Porovnání paliv, výhřevnosti a ceny*

Palivo	Průměrná výhřevnost paliva	Průměrná cena paliva 1.1.2019	Průměrná účinnost a druh použitého kotle	Roční spotřeba paliva při spotřebě 120GJ a objemu vytápěného prostoru 370 m <sup>3</sup>	Celkové náklady na topnou sezónu v Kč
Kusové dřevo	14,8 MJ/kg	200–1.000 Kč/prostor. metr	Zplynovací kotel ATMOS $\eta = 88 \%$	9,2 t 20 prostorových metrů	4.000 – 20.000
			Klasický kotel $\eta = 65 \%$	12,5 t 28 prostorových metrů	5.600 – 28.000
Hnědé uhlí	18 MJ/kg	2.900–3.900 Kč/t	Zplynovací kotel ATMOS $\eta = 88 \%$	7,7 t	22.330 – 30.030
			Klasický kotel $\eta = 65 \%$	10,3 t	29.870 – 40.170
Černé uhlí	29,5 MJ/kg	5.000–6.000 Kč/t	Zplynovací kotel ATMOS $\eta = 88 \%$	4,7 t	23.500 – 28.200
			Klasický kotel $\eta = 65 \%$	6,3 t	31.500 – 37.800
Uhelné brikety (hnědouhelné)	19,8 MJ/kg	5.000–7.500 Kč/t	Zplynovací kotel ATMOS $\eta = 88 \%$	7,0 t	35.000 – 52.500
			Klasický kotel $\eta = 65 \%$	9,4 t	47.000 – 70.500
Dřevěné pelety	18 MJ/kg	4.500–7.000 Kč/t	Speciální kotel ATMOS $\eta = 91 \%$	7,4 t	33.300 – 51.800

Palivo	Průměrná výhřevnost paliva	Průměrná cena paliva 1.1.2019	Průměrná účinnost a druh použitého kotle	Roční spotřeba paliva při spotřebě 120GJ a objemu vytápěného prostoru 370 m <sup>3</sup>	Celkové náklady na topnou sezónu v Kč
Dřevěné brikety	18 MJ/kg	4.000–6.500 Kč/t	Zplynovací kotel ATMOS $\eta = 88 \%$	7,7 t	30.800 – 50.050
			Klasický kotel $\eta = 65 \%$	303 t	41.200 – 66.950,-
Zemní plyn	33,7 MJ/m <sup>3</sup>	13,30 Kč/ m <sup>3</sup>	Kondenzační kotel s $\eta = 105 \%$	3.390 m <sup>3</sup>	45.087, - + poplatky 4.500
			Klasický kotel s $\eta = 90 \%$	3.960 m <sup>3</sup>	52.668, - + poplatky 4.500
Elektřina (akumulační)	3,6 MJ/kWh	2,22 Kč/kWh	98 %	34.010 kWh	75.502, - + poplatky 5.400
Elektřina (přímotopná)	3,6 MJ/kWh	2,60 Kč/kWh	99 %	33.670 kWh	87.542, - + poplatky 7.700
Extra LTO	42 MJ/kg	19–29 Kč/kg	90 %	3.180 kg	60.420 – 92.220
Propan Butan	46 MJ/kg	25–35 Kč/kg	90 %	2.900 kg	72.500 – 101.500

Další poplatky jsou uvedené v tabulce 4.2 [5]:

**Tabulka 3.4.2 – Poplatky**

Elektřina (přímotopná, akumulací)	Měsíční platba zvolené velikosti jističe (453–641 Kč)
Zemní plyn	Měsíční platba podle zvolené velikosti odběru (259–408 Kč)
Propan Butan	Pravidelné revize tlakové nádoby
Hnědé uhlí	Poplatek za odvoz popela

V tabulce 4.3. jsou porovnány výhody a nevýhody jednotlivých nejčastěji používaných paliv. [9]

**Tabulka 3.4.3 – Výhody a nevýhody používání jednotlivých druhů paliv**

<b>Druh paliva</b>	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Uhlí	Nízká cena	Vysoké emise Nutné skladovat Znečišťování ovzduší
Dřevo	Nízká cena Obnovitelný zdroj energie	Nutná obsluha Dovoz a skladování Znečišťování ovzduší
Brikety/Pelety	Ekologická energie Snadná regulace Neznečišťuje ovzduší	Dovoz a skladování Vynášení popelu
Lehké topné oleje	Vysoká účinnost Automatická regulace	Vysoká cena Nutný zásobník Nutný dovoz paliva
Zemní plyn	Automatická regulace kotle Velice nízké emise Vysoká účinnost	Každoroční revize Náklady na zavedení přípojky a rozvodu plynu
Elektřina	Snadná regulace Vysoká účinnost	Vysoká cena Nutná přípojka o dostatečné kapacitě

## 5 Účinnost kotlů

Pro stanovení spotřeby paliva a tím provozních nákladů pro jednotlivé spalovací zdroje uvedené v předchozích kapitolách je nutná znalost jejich termické účinnosti. Hlavními parametry, které ovlivňují výslednou hodnotu účinnosti jsou:

- teplota spalin na výstupu z kotle,
- nedopal v tuhých zbytcích po spalování,
- kvalita spalování (vyhoření CO),
- palivo,
- provozní parametry kotle,

- provozní charakteristiky celého systému.

Účinnost je často spojena také s problémem stanovení příkonu spalovacího zdroje, kdy je třeba vyřešit, zda je míněná hodnota platná pouze pro příkon teplovodní vložky nebo pro celkový příkon zdroje. Na výrobním štítku je ale uveden jmenovitý výkon a příkon je tedy dnes nutné více či méně přesně vypočítat z účinnosti deklarované výrobcem. V následující tabulce č. 5.1 jsou porovnány účinnosti jednotlivých kotlů rozdělených podle typu paliva. [10]

**Tabulka 5.1 – Porovnání typů zdrojů a jejich účinnosti**

Typ zdroje	Průměrná účinnost při jmenovitém výkonu v %
<b>Tuhá paliva</b>	
Klasický kotel na uhlí	65
Klasický kotel na koks	67
Automatický kotel na uhlí	80
Kamna na uhlí	55
Krbová kamna	75
Kotel na spalování kusového dřeva	70
Kotel na zplyňování dřeva	75
Kotel na štěpku	80
Kotel na dřevěné pelety	85
<b>Kapalná paliva</b>	
Kotel na lehký topný olej	89
<b>Plynná paliva</b>	
Běžný kotel	89
Nízkoteplotní kotel	95
Kondenzační kotel	102
<b>Další zdroje</b>	
Elektřina – s akumulací nádrží	93
Elektřina – akumulací kamna	95
Elektřina – přímotop (elektrokotel)	95
Elektřina – přímotopné panely	98
Tepelné čerpadlo	Topný faktor 2,8

## 6 Emise

Při správné volbě spalovacího zdroje musíme respektovat i dopad jeho provozu na životní prostředí a vybírat tak kotle, které splňují požadavky současné legislativy, shrnuté do zákona o ochraně ovzduší.

Jeden z problémů zákona, který se týká ustanovení zabývajících se uváděním nových výrobků na trh od 1. 1. 2018. Platné znění zákona se zabývá lokálními topidly na pevná paliva. Na spalovací stacionární zdroje jsou stanovené emisní požadavky dle §16, odst. 2 tohoto zákona, uvedené v příloze č. 10 a musí je plnit všechny zdroje při uvádění na trh s prokázáním certifikátu. Toto ustanovení zákona bude platné do konce roku 2021. Nařízením komise EU 2015/1185 o ekodesignu budou platit od 1. ledna 2022 nové technické (tedy i emisní) požadavky pro uvádění lokálních topidel na pevná paliva na trh. Znění stávajícího zákona udává emisní limit pro CO 1200 mg/m<sup>3</sup> (při 13 % O<sub>2</sub>). Musí jej plnit od 1.1.2018 lokální topidla s teplovodním výměníkem napojeným na teplovodní soustavu ústředního topení. Ovšem od 1. 1. 2022 začnou platit ekodesignová pravidla pro tento typ spalovací zdrojů, u kterých bude platit mírnější limit 1500 mg/m<sup>3</sup> při uvádění výrobků na trh. Novela zákona odstraňuje problém nových výrobků, splňující v současné době přísnější limity CO než výrobků, pro které budou platit mírnější limity od roku 2022. Požadavky na emise CO v příloze č.10 budou pak upraveny na mírnějších 1500 mg/m<sup>3</sup>.

Pravidelné povinné kontrole podle §17, odst.1, písm. h) podléhají zdroje o jmenovitém příkonu od 10 do 100 kW. Tomu by se vyhnula lokální topidla s výměníkem o deklarovaném příkonu pouze teplovodní vložky, která by nepřekročila spodní hranici 10 kW. Cílem bylo kontrolovat zdroje podle celkového příkonu, který je dán množstvím spalovaného paliva, čímž i množstvím produkovaných emisí a velikostí roštové plochy. Vlivem provozních podmínek (tepelný spád v topné soustavě atd.) a velikostí teplosměnné plochy výměníku je velká část celkového výkonu předána otopné vodě.

V novele zákona jsou tak kontrole vystavěny stacionární spalovací zdroje na pevná paliva napojené na teplovodní otopnou soustavu o celkovém jmenovitém příkonu zdroje od 10 až 100 kW. Ovšem u lokálních topidel s teplovodním výměníkem je počítán příkon zdroje, včetně jeho sálavé složky. [19] [31]

## 7 Tepelná bilance

Proto, abych byla schopná vybrat vhodný spalovací zdroj k vytápění rodinného domu, je potřeba znát tepelné ztráty domu.

Při výpočtu tepelných ztrát rodinného domu jsem vycházela z normy ČSN 06 0210. V této normě je uveden postup při stanovení tepelných ztrát větráním, prostupem tepla stěnou, stropem, dveřmi, okny a podlahou. [26]

### 7.1 *Popis rodinného domu a současného systému vytápění domu*

Rodinný dům se nachází na kopci v Šenově u Nového Jičína v chráněné krajinné oblasti s intenzivními větry. Stojí zde již deset let. Jedná se o dvoupatrový nepodsklepený dům s nevytápěnou sedlovou střechou. Orientace průčelí je situována na východ. Na severní straně se nachází garáž. Dům je postaven z pórobetonových tvárníc Ytong, na který je nanesena vrstva omítky. V přízemí se nachází předsíň, technická místnost, záchod, kuchyň a jídelna propojená s obývacím pokojem. V prvním patře se nachází dva dětské pokoje, ložnice a koupelna. V celém domě je dlážděná podlaha, v přízemí vytápěná. Výjimkou jsou dětské pokoje a ložnice, kde je jako podlahová krytina použito linoleum.

V rodinném domě se využívají dva způsoby vytápění, a to plynový kotel a litinová kamna. Plynový kotel **Vaillant VUI 242-7 aqua PLUS** slouží k ohřevu vody a podlahovému vytápění. Jako primární zdroj vytápění jsou v domě využívána **litinová kamna Saey 94** spalující dřevěné brikety a díky tomu jsou radiátory provozovány jen minimálně. [18] [22]



*Obrázek 7.1.1 – Rodinný dům*

## 7.2 Teorie výpočtu tepelných ztrát

### Celková tepelná ztráta

Celkovou tepelnou ztrátu  $Q_c$  [W] lze vypočítat jako součet tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním ze vztahu [26]

$$Q_c = Q_p + Q_v. \quad (1)$$

### Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_p$  [W] je dána vztahem [26]

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3). \quad (2)$$

Rovnice pro základní tepelnou ztrátu  $Q_o$  [W] je dána vztahem [26][27]

$$Q_o = k \cdot S \cdot (t_i - t_e). \quad (3)$$

Součinitel prostupu tepla  $k$  [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ] charakterizuje tepelně izolační schopnosti konstrukce. Závisí na typu materiálu a tloušťce stěny a lze vypočítat ze vztahu [26]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}. \quad (4)$$

Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $\alpha_i$  [ $W/m^2 \cdot K$ ] je dán výpočtem

$$\alpha_i = \frac{1}{R_{si}}. \quad (5)$$

**Tabulka 7.2.1 – Odpor při přestupu tepla**

$R_{si}$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]		
Svislá konstrukce		0,13
Vodorovná konstrukce	Tepelný tok nahoru	0,10
	Tepelný tok dolů	0,17

Po dosazení hodnot z tabulky 7.2.1 do vzorce (5) volím  $\alpha_i = 7 W/m^2 \cdot K$ . [26]

Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $\alpha_e$  [ $W/m^2 \cdot K$ ] je dán výpočtem

$$\alpha_e = \frac{1}{R_{se}}. \quad (6)$$

**Tabulka 7.2.2 – Odpor při přestupu tepla**

$R_{se}$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]	
Zimní období	0,04
Zimní období (nadmořská výška $\geq 1000$ m. n. m.)	0,03
Letní období	0,07

Po dosazení hodnot z tabulky 7.2.2 do vzorce (6) volím  $\alpha_e = 17 W/m^2 \cdot K$ . [26]

Výpočet plochy ochlazované konstrukce po odečtení všech otvorů  $S$  [ $m^2$ ] [26]

$$S = S_s - S_o = l_s \cdot h_s - l_o \cdot h_o. \quad (7)$$

Přirážka na vliv chladných konstrukcí  $p_1$  je stanovena jako 15 % průměrného součinitele  $k_c$  podle vztahu [26]

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c, \quad (8)$$

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)}. \quad (9)$$

Přirážka na urychlení zátopy  $p_2$  nabývá hodnot 0,10 při denní době vytápění  $\geq 16$  hodin. Za normálních okolností se tato přirážka neuvažuje, tudíž nebude zahrnuta ve výpočtech.

O výši přirážky na světovou stranu  $p_3$  rozhodují nejvíce ochlazované konstrukce v místnosti. V případě, kdy má místnost dvě ochlazované konstrukce, rozhoduje poloha jejich společného rohu. Má-li místnost 3 nebo 4 ochlazované konstrukce, počítá se s přirážkou nejvyšší (viz tabulka 7.2.3). [26]

**Tabulka 7.2.3 – Přirážky na světovou stranu**

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
$p_3$	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0



## Tepelná ztráta větráním

Rovnice pro tepelnou ztrátu větráním  $Q_v$  [W] je dána vztahem [26][29]

$$Q_v = 1300 \cdot \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e). \quad (10)$$

### 7.3 Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými zdmi

Rozměry pro všechny výpočty byly získány z výkresové dokumentace RD, jejichž příklad je uveden jako příloha B, C. [26]

Složení obvodové zdi je uvedeno v tabulce 7.3.1 [20] [25]

**Tabulka 7.3.1 – Vrstvy obvodových zdí a součinitel tepelné vodivosti**

Materiál	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
Vnější vápenná omítka	0,02	0,99
Ytong Lambda	0,375	0,085
Vnitřní vápenná omítka	0,01	0,88

Po dosazení do vzorce (4) byla získána hodnota součinitele prostupu tepla zdí

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{0,375}{0,085} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{17}} = 0,215 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Pro vzorový výpočet obývacího pokoje byla stanovena plocha stěny podle vzorce (7).

$$S = (10,93 \cdot 2,64) - [(2 \cdot 1,83 \cdot 2,18) + (3 \cdot 0,89 \cdot 1,55)] = 16,74 \text{ m}^2$$

Následně byla vypočtená hodnota plochy dosazena do vzorce (3). Veškeré hodnoty pro stanovení ztráty prostupem tepla obvodovými zdmi ostatních místností v rodinném domě jsou zapsány v tabulce 7.3.2.

$$Q_o = 0,215 \cdot 16,74 \cdot (20 - (-15)) = 125,97 \text{ W}.$$

**Tabulka 7.3.2 – Tepelná ztráta bez přírážek v přízemí a 1. patře**

Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_o$ [W]
Obývací pokoj	20	-15	16,74	125,97
Kuchyň	20	-15	11,7	88,04
Zádveří	15	-15	2,32	14,96
Technická místnost	20	-15	4,68	35,22
Garáž	5	-15	6,6	28,38
Pokoj č.1	20	-15	4,2	31,61
Pokoj č.2	20	-15	8,62	64,87
Ložnice	20	-15	9,97	75,02
Koupelna	24	-15	5,48	45,95
<b>Celkem</b>				<b>510,02</b>

Tepelná ztráta prostupem obvodovými zdmi je **510,02 W**.

#### 7.4 Tepelná ztráta prostupem tepla podlahou

Rozměry pro všechny výpočty byly získány z výkresové dokumentace RD, jejíž příklad je uveden jako příloha B.

Složení podlahy je uvedeno v tabulce 7.4.1. [25]

**Tabulka 7.4.1 – Vrstvy podlahy a součinitel tepelné vodivosti**

Materiál	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
Beton	0,3	1,1
Asfaltová hydroizolace	0,001	0,07
Cementový potěr	0,015	1,2
Škvára	0,03	0,27
Keramická dlažba	0,01	1,05

Po dosazení do vzorce (4) byla získána hodnota součinitele prostupu tepla podlahou

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,3}{1,1} + \frac{0,001}{0,07} + \frac{0,015}{1,2} + \frac{0,03}{0,27} + \frac{0,01}{1,05} + \frac{1}{17}} = 1,608 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Prostup tepla podlahou je uveden pro vzorovou místnost, kterou je obývací pokoj. Výsledky pro ostatní místnosti jsou uvedeny v tabulce 7.4.2. Výpočet dle vzorce (3)

$$Q_o = 1,608 \cdot 29,3 \cdot (20 - 5) = 706,72 \text{ W}.$$

**Tabulka 7.4.2 – Tepelná ztráta bez přírážek v přízemí**

Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_o$ [W]
Obývací pokoj	20	5	29,3	706,72
Kuchyň	20	5	7,4	178,49
Zádveří	15	5	3,3	53,06
Technická místnost	20	5	3,8	91,66
Záchod	20	5	1,2	28,94
Garáž	5	5	18,1	0
<b>Celkem</b>				<b>1058,87</b>

Tepelná ztráta prostupem podlahou je **1 058,87 W**.

## 7.5 Tepelná ztráta prostupem tepla přes strop

Rozměry pro všechny výpočty byly získány z výkresové dokumentace RD, jejichž příklad je uveden jako příloha C, D.

Složení stropu je uvedeno v tabulce 7.5.1. [25]

**Tabulka 7.5.1 – Vrstvy stropu a součinitel tepelné vodivosti**

Materiál	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
Sádrokarton	0,012	0,22
Dřevěné desky	0,02	0,11
Parozábrana	0,001	0,2
Isover vata	0,22	0,04
Hliníková folie	0,005	0,0187

Po dosazení do vzorce (4) byla získána hodnota součinitele prostupu tepla stropem

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,012}{0,22} + \frac{0,02}{0,11} + \frac{0,001}{0,2} + \frac{0,02}{0,11} + \frac{0,005}{0,0187} + \frac{1}{17}} = 0,161 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Vzorový výpočet byl zvolen pro ložnici podle vzorce (3). Výsledky pro ostatní místnosti jsou uvedené v tabulce 7.5.2.

$$Q_o = 0,161 \cdot 5,15 \cdot (20 - (-6)) = 21,56 \text{ W}.$$

**Tabulka 7.5.2 – Tepelná ztráta bez přírážek v 1.patře**

Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_o$ [W]
Pokoj č.1	20	-6	5,37	22,48
Pokoj č.2	20	-6	6,20	25,95
Ložnice	20	-6	5,15	21,56
Koupelna	24	-6	3,83	18,50
Chodba	20	-6	4,16	17,41
<b>Celkem</b>				<b>105,9</b>

Tepelná ztráta prostupem přes strop je **105,9 W**.

## 7.6 Tepelná ztráta prostupem tepla přes šikmou zeď

Rozměry pro všechny výpočty byly získány z výkresové dokumentace RD, jejichž příklad je uveden jako příloha C, D.

Složení šikmé zdi je uvedeno v tabulce 7.6.1. [25]

**Tabulka 7.6.1 – Vrstvy šikmé zdi a součinitel tepelné vodivosti**

Materiál	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
Sádrokarton	0,012	0,22
Dřevěné desky	0,02	0,11
Parozábrana	0,001	0,2
Isover vata	0,02	0,04
Hliníková folie	0,005	0,0187
Bramac taška	0,025	1,23

Po dosazení do vzorce (4) byla získána hodnota součinitele prostupu tepla šikmou zdí

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,012}{0,22} + \frac{0,02}{0,11} + \frac{0,001}{0,2} + \frac{0,02}{0,11} + \frac{0,005}{0,0187} + \frac{0,025}{1,23} + \frac{1}{17}} = 0,160 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Vzorový výpočet byl zvolen pro ložnici podle vzorce (3). Výsledky pro ostatní místnosti jsou uvedené v tabulce 7.6.2. [25]

$$Q_o = 0,160 \cdot 6,24 \cdot (20 - (-15)) = 34,94 \text{ W}$$

**Tabulka 7.6.2 – Tepelná ztráta bez přírážek v 1.patře**

Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_o$ [W]
Pokoj č.1	20	-15	5,45	30,52
Pokoj č.2	20	-15	7,52	42,11
Ložnice	20	-15	6,24	34,94
Koupelna	24	-15	3,89	24,27
Chodba	20	-15	4,23	23,69
Garáž	5	-15	19,93	63,78
<b>Celkem</b>				<b>219,31</b>

Tepelná ztráta prostupem přes šikmou zeď je **219,31 W**.

## 7.7 Tepelná ztráta prostupem tepla přes střechu

Složení nezateplené části střechy je uvedeno v tabulce 7.7.1. [25]

**Tabulka 7.7.1 – Vrstvy střechy a součinitel tepelné vodivosti**

Materiál	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
Dřevěné desky	0,02	0,11
Parozábrana	0,001	0,2
Isover vata	0,03	0,04
Dřevěné desky	0,02	0,11
Bramac taška	0,025	1,23

Po dosazení do vzorce (4) byla získána hodnota součinitele prostupu tepla střechou

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,11} + \frac{0,001}{0,2} + \frac{0,03}{0,04} + \frac{0,02}{0,11} + \frac{0,025}{1,23} + \frac{1}{17}} = 0,746 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Prostup tepla nezateplenou částí střechy je vypočten dle vzorce (3)

$$Q_o = 0,746 \cdot 64,29 \cdot (5 - (-15)) = 959,21 \text{ W}.$$

Tepelná ztráta prostupem přes nezateplenou část střechy je **959,21 W**.

## 7.8 Tepelná ztráta prostupem tepla okny, dveřmi a vraty

Jednotlivé parametry pro výpočet prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce 7.8.1. Vzorový výpočet prostupu tepla dle vzorce (3) je proveden pro okna [25]

$$Q_o = 1,1 \cdot 25,5 \cdot (20 - (-15)) = 981,75 \text{ W}.$$

Ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce 7.8.1:

**Tabulka 7.8.1 – Tepelná ztráta bez přírážek oken, dveří a vrat**

Místnost	$k [W/m^2 \cdot K]$	$t_i [^\circ C]$	$t_e [^\circ C]$	$S [m^2]$	$Q_o [W]$
Okna	1,1	20	-15	25,5	981,75
Vchodové dveře	0,82	20	-15	2,5	71,75
Vrata	1,21	5	-15	5,05	122,21
<b>Celkem</b>					<b>1 175,71</b>

Rozměry pro všechny výpočty byly získány z výkresové dokumentace RD, jejíchž příklad je uveden jako příloha C, D.

Hodnoty součinitelů prostupu tepla byly převzaty z materiálů výrobců těchto stavebních prvků. [21]

Tepelná ztráta prostupem přes okna, vchodové dveře a vrata je **1 175,71 W**.

Výsledná hodnota základní tepelné ztráty prostupem tepla  $Q_o$  bez započtení přírážek byla stanovena součtem ztrát jednotlivými konstrukcemi vypočtenými v kap.7.3 až 7.8.

Celková tepelná ztráta bez přírážek  $\sum Q_o$  je **4 029,02 W**.

## 7.9 Tepelná ztráta prostupem tepla s přírážkami

Nejprve dle vzorce (9) byla získána hodnota součinitele prostupu tepla

$$k_c = \frac{4029,02}{302,72 \cdot 25,81} = 0,516 \text{ W/m}^2 \cdot K.$$

Dále byla stanovena hodnota přírážky na vliv chladných konstrukcí  $p_1$  ze vzorce (8)

$$p_1 = 0,15 \cdot 0,516 = 0,077.$$

Podle polohy na světovou stranu nejvíce ochlazované konstrukce v obytné části domu byla zvolena hodnota (viz tabulka 1.3)  $p_3 = 0$ .

Základní tepelná ztráta prostupem bez přírážek je vypočtena dle vzorce (2)

$$Q_p = 4029,02 \cdot (1 + 0,077 + 0 + 0) = 4340,68 \text{ W}.$$

Tepelná ztráta prostupem tepla s přírážkami  $Q_p$  je **4 340,68 W**.

## 7.10 Tepelná ztráta větráním

Vzorový výpočet byl proveden pro ložnici podle vzorce (10). Další parametry pro výpočet jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-3 [27]. Výsledky výpočtu pro ostatní místnosti jsou uvedeny v tabulce 7.10.1.

$$Q_v = 1300 \cdot \sum (1,9 \cdot 10^{-4} \cdot 4,94) \cdot 8 \cdot 0,5 \cdot 35 = 125,87 \text{ W}.$$

**Tabulka 7.10.1 – Tepelná ztráta větráním**

Místnost	$i_{LV}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} / m \cdot Pa^{0,67}$ ]	$L$ [m]	$B$ [ $Pa^{0,67}$ ]	$M$ [–]	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$Q_v$ [W]
Obývací pokoj	$1,4 \cdot 10^{-4}$	30,68	8	0,5	20	-15	781,73
Kuchyň	$1,4 \cdot 10^{-4}$	8,96	8	0,5	20	-15	228,30
Zádveří	$1,9 \cdot 10^{-4}$	6,82	8	0,5	15	-15	202,14
Tech. místnost	$1,4 \cdot 10^{-4}$	3,58	8	0,5	20	-15	91,22
Garáž – okno	$1,4 \cdot 10^{-4}$	3,24	8	0,5	5	-15	47,17
Garáž – vrata	$1,0 \cdot 10^{-4}$	9	8	0,5	5	-15	93,60
Pokoj č. 1	$1,4 \cdot 10^{-4}$	7,42	8	0,5	20	-15	189,06
Pokoj č. 2	$1,4 \cdot 10^{-4}$	7,42	8	0,5	20	-15	189,06
Ložnice	$1,4 \cdot 10^{-4}$	4,94	8	0,5	20	-15	125,87
Koupelna	$1,4 \cdot 10^{-4}$	4,94	8	0,5	24	-15	140,26
<b>Celkem</b>							<b>2 088,42</b>

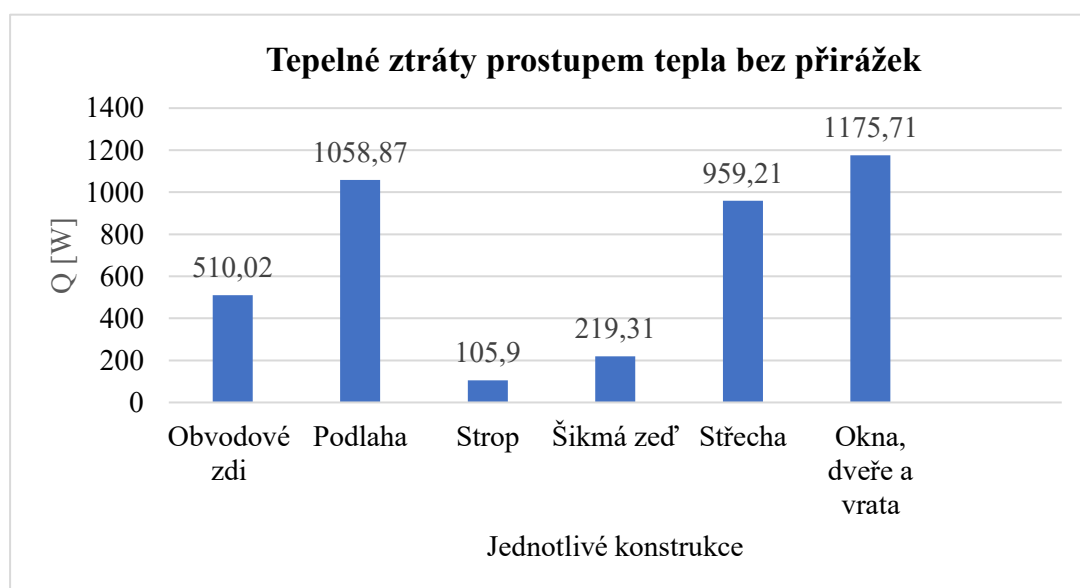
Tepelná ztráta větráním  $Q_v$  je **2 088,42 W**.

## 7.11 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta rodinného domu je dána součtem tepelné ztráty prostupem tepla a větráním. Po dosazení do vzorce (1) získáme hodnotu celkové tepelné ztráty **6 429,10 W**.

$$Q_c = 4340,68 + 2088,42 = 6429,10 \text{ W}$$

Tepelné ztráty prostupem tepla a větráním jsou znázorněny v grafu 7-1. Z grafu je patrné, že největší tepelné ztráty jsou prostupem tepla střechou a podlahou.



**Graf 7-1 – Porovnání tepelných ztrát rodinného domu**

## 8 Porovnání ročních nákladů na vytápění

Výpočty ročních nákladů na vytápění při využití jednotlivých spalovacích zařízení, uvedené v následující části, zahrnují pouze náklady pro pokrytí tepelných ztrát a nezahrnují teplo potřebné na přípravu teplé užitkové vody. [29]

Nejprve je uvedený popis litinových kamen **Saey 94** a plynového kotle **Vaillant VUI 242-7**, které jsou v současnosti využívány v rodinném domě. Obchodní parametry jednotlivých zařízení jsou uvedené v tab. 8.1 a 8.2.

### **Vaillant VUI 242-7 (aquaPLUS)**

Plynový závěsný kotel je dle výběru dostupný ve dvou variantách, a to kotel spalující zemní plyn nebo propan. Odvodem spalin skrz obvodovou stěnou nebo střechou. Kotel je



vybaven elektronickým zapalováním a plynulou regulací výkonu. Součástí kotle je vestavěný nerezový zásobník o objemu 20 litrů, expanzní nádoba a pojistný ventil. Koncepce vestavěného zásobníku a deskového sekundárního výměníku zajišťuje komfortní podmínky odběru TUV s výhodou minimálních rozměrů srovnatelných s rozměry klasických kombinovaných kotlů. Kotle lze použít i pro nízkoteplotní podlahové systémy. Kotle mají vysokou účinnost – 92 %, to je zaručeno použitím speciálních konstrukcí primárního výměníku a chrom-titanových hořáků. [18]

**Tabulka 7.11.1 – Obchodní parametry kotle**

Účinnost:	92 %
Výkon:	8–24 kW
Typ:	Závěsný
Typ provedení:	Kondenzační kotel
Emisní třída:	5
Palivo:	Zemní plyn, propan
Odvod spalin:	Turbo
Výrobce:	Vaillant
Hmotnost:	57 kg
S ohřevem vody TUV:	S možností ohřevu
Cena:	37 024 Kč

### **Litinová kamna Saey 94**

Litinová kamna s dvoustupňovým spalováním dřeva nebo uhlí předávají více než 75 % tepelného výkonu. Součástí kotle s předními prosklenými dvířky je varná deska s ozdobným litinovým krytem, velká vyjímatelná násypka na uhlí, popelník, jednoduché a účinné roštování pomocí studené kličky. Palivo se ručně přikládá bočními dvířky. Kamna umožňují možnost horního a zadního napojení kouřovodu. [22].

**Tabulka 7.11.2 – Obchodní parametry kotle**

Účinnost:	min. 75 %
Výkon:	4–13 kW
Tah:	min. 12 Pa
Hmotnostní průtok	6 g/sec
Teplota spalin:	320 °C
Palivo:	Dřevěné brikety
Koncentrace CO při 13 % O <sub>2</sub> :	0,15 %
Průměr odtahového hrdla:	150 mm
Hmotnost:	160,5 kg
Výrobce:	Saey
Cena:	40 495 Kč

Následně jsou výpočty ročních nákladů na vytápění vypočteny pomocí denostupňové metody.

#### **Denostupňová metoda**

Počet denostupňů  $D$  [ $K \cdot dny$ ] je dán vztahem

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}). \quad (11)$$

Spotřeba tepla na vytápění za rok  $Q_{vyt-r}$  [ $GJ/rok$ ] je dána výpočtem

$$Q_{vyt-r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}. \quad (12)$$

Reálná spotřeba tepla na vytápění za rok  $Q_{vyt-rR}$  [ $MWh/rok$ ] je dána vztahem

$$Q_{vyt-rR} = \frac{Q_{vyt-r}}{\eta_k}. \quad (13)$$

Roční spotřeba paliva  $m_{pal}$  [ $kg/rok, t/rok$ ] je dána vzorcem

$$m_{pal} = \frac{Q_{vyt-r}}{Q_i \cdot \eta_k}. \quad (14)$$

Roční provozní náklady na vytápění  $N_{p-rok}$  [ $Kč/rok$ ] jsou dány vztahem

$$\begin{aligned} N_{p-rok} &= Q_{vyt-rR} \cdot cena\_paliva + 12 \cdot \text{měs\_paušál}, \\ N_{p-rok} &= m_{pal} \cdot cena\_paliva + náklady\_doprava. \end{aligned} \quad (15)$$

Vzorový výpočet byl proveden pro kotel **Atmos D15 P** na tuhá paliva. Výsledky pro ostatní spalovací zařízení jsou uvedeny v tabulce č. 8.1.

Technické parametry a ceny byly převzaty z materiálů výrobců těchto spalovacích zdrojů. Další potřebné parametry pro výpočet jsou uvedeny v normě ČSN 38 3350 [29]:

▪ průměrná vnitřní teplota	$t_{is} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$
▪ venkovní výpočtová teplota	$t_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$
▪ průměrná venkovní teplota v topné sezóně	$t_e = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$
▪ délka topného období	$d = 229\text{ dní}$
▪ opravdový součinitel	$\varepsilon = 0,71$
▪ účinnost regulace soustavy	$\eta_o = 0,95$
▪ účinnost rozvodu vytápění	$\eta_r = 0,95$
▪ termická účinnost kotle	$\eta_k = 0,92$
▪ cena nákladní dopravy	2 000 Kč
▪ cena paliva (dřevěné pelety)	5 500 Kč/t
▪ výhřevnost paliva	$Q_i = 18\text{ MJ/kg}$

Počet denostupňů po dosazení do vzorce (11)

$$D = 229 \cdot (18 - 4) = \mathbf{3\ 206\ K.dny.}$$

Spotřeba tepla na vytápění za rok  $Q_{vyt-r}$  po dosazení do vzorce (12)

$$Q_{vyt-r} = \frac{0,71}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 6429,10 \cdot 3206}{(18 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} = \mathbf{42,45\ GJ/rok.}$$

Roční spotřeba paliva  $m_{pal}$  po dosazení do vzorce (14)

$$m_{pal} = \frac{42450}{18 \cdot 0,92} = \mathbf{2,56\ t/rok.}$$

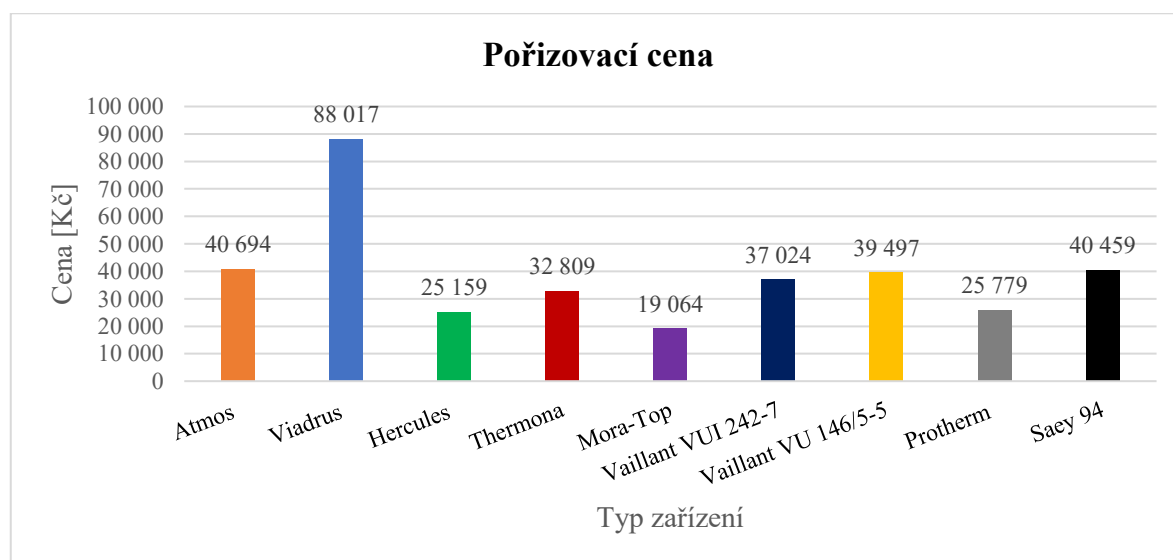
Roční provozní náklady na vytápění  $N_{p-rok}$  po dosazení do vzorce (15)

$$N_{p-rok} = (2,56 \cdot 5500) + 2000 = \mathbf{16\ 099\ Kč/rok.}$$

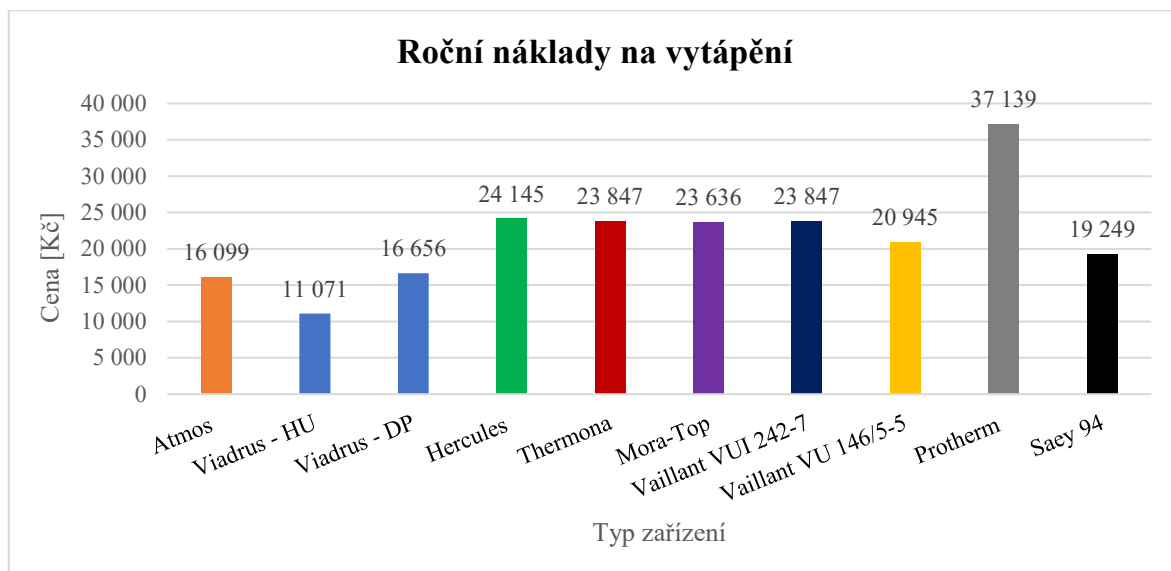
Dále jsou v grafech 8–1 a 8–2 porovnány pořizovací ceny jednotlivých kotlů a jejich roční náklady na vytápění.

**Tabulka 7.11.3 – Porovnání nákladů na vytápění**

Typ zařízení	Pořizovací cena [Kč]	Cena paliva [Kč/t, Kč/l, Kč/MWh],	Palivo	$\eta_k$ [%]	$Q_i^r$ [MJ/kg, MJ/m <sup>3</sup> , MJ/kWh]	$m_{pal}$ [t/rok, l/rok] $Q_{r-p}$ [MWh/rok]	Roční náklady [Kč]
Atmos	40 694	5 500	Dřevěné pelety	92	18	2,56	16 099
Viadrus	88 017	3 500	Hnědé uhlí	91	18	2,59	11 071
		5 500	Dřevěné pelety	88,5	18	2,66	16 656
Hercules	25 159	19,5	LTO	89	42	1,14	24 145
Thermona	32 809	1 528	Zemní plyn	92	33,7	12,82	23 847
Mora-Top	19 064	1 528	Zemní plyn	93	33,7	12,68	23 636
Vaillant VU 146/5-5	39 497	1 528	Zemní plyn	108	33,7	10,92	20 945
Protherm	25 779	2 607	Elektrina	99,5	3,6	11,85	37 139
Vaillant VUI 242-7	37 024	1 528	Zemní plyn	92	33,7	12,82	23 847
Saey 94	40 459	5 500	Dřevěné brikety	min. 75	18	3,14	19 249



**Graf 8-1 – Pořizovací cena**



**Graf 8-2 – Roční náklady na vytápění**

## 9 Analýza získaných výsledků

V následující části jsou shrnuty zjištěné skutečnosti, které je potřeba zohlednit v závěru této práce.

Nejvyšší tepelné ztráty RD jsou okny, dveřmi a vraty a dále podlahou. Jedná se o poměrně nový dům, takže výměna oken a dveří nepřipadá v úvahu, a tak jediná ekonomicky dostupná možnost snížení tepelných ztrát je minimalizace ztrát podlahou, kde se nabízí možnost položení nějaké podlahové krytiny, což je při použití podlahového topení málo efektivní, a navíc celkový přínos tohoto řešení je minimální a na roční provozní náklady nemá zásadní vliv. Např. při použití koberce (tl.10 mm, tepelné vodivosti 0.07 W/mK) v obývacím pokoji se celkové ztráty RD sníží pouze o cca 3 %.

Dále se budu tedy zabývat pouze volbou spalovacího zdroje na základě zjištěné nabídky trhu a vypočtených hodnot tepelné ztráty a nutných provozních nákladů.

### Nabídka trhu

Nejprve z hlediska volby paliva jsem vyřadila kotle na LTO a elektřinu. Způsob vytápění LTO má komplikované palivové hospodářství a není v České republice příliš běžný. Co se týče financí, největší provozní náklady má elektrokotel (viz graf 8-2).

Podle grafu 8-1 pořizovacích cen je patrné, že Viadrus na hnědé uhlí je na trhu nejdražší. Sice kotel splňuje emisní třídu 5, ale prach při manipulaci by způsoboval znečištění

prostředí. Bylo by nutné vybudovat uhelnu, která se spíše používá ve starších podsklepených domech.

Při srovnatelné pořizovací ceně je nutné uvažovat buď o kotli na peletky Atmos nebo kondenzačním kotli Vaillant. Při zajištěném zdroji peletek a dostatku místa pro zásobník by byla možná volba pro Atmos. Avšak mohl by nastat problém se zásobováním peletkami a vývoj jejich ceny se nedá do budoucna předvídat.

Při zohlednění komfortu obsluhy a nároků na místo vítězí kondenzační kotel Vaillant. Spalování má vysokou účinnost a oproti tuhým palivům neznečišťuje tolik životní prostředí.

### **Současný systém vytápění v porovnání s nabídkou trhu**

Rozborem problematiky a výpočtů bylo prokázáno, že současná varianta vytápění je optimální. Provozní náklady vítězného kondenzačního kotle Vaillant a stávajících kamen Saey hovoří pro kamna. Jediná nedokonalost současného řešení je emisní třída kamen, které produkují určitě vyšší emise než kondenzační kotel. V případě nutnosti dodržení zpřísnujících se ekologických požadavků na minimalizaci emisí je tedy v záloze plynový kotel Vaillant v nejvyšší, tedy nejlepší emisní třídě 5, který může kamna nahradit bez nutnosti pořizování nového zdroje vytápění.

## 10 Závěr

V dnešní době se čím dál více klade důraz na efektivnost jednotlivých druhů vytápění, jejich vliv na životní prostředí a ekonomickou náročnost. Uvedené aspekty jsem se snažila popsat a shrnout v předešlých kapitolách.

V úvodu bakalářské práce jsem se věnovala popisu základních typů paliv pro vytápění rodinného domu a spalovacích zdrojů tuhých, kapalných a plyných paliv. Každý způsob vytápění přináší jisté výhody a nevýhody (viz tabulka 4.3). Pozornost jsem také věnovala porovnání účinnosti kotlů a z ekologického hlediska i emisím.

V další části se zabývám stanovením celkové tepelné ztráty rodinného domu. S pomocí výkresové dokumentace a normy ČSN 06 021 jsem byla schopna určit hodnotu celkové tepelné ztráty, která je 6 429,10 W.

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout možnou optimalizaci systému vytápění rodinného domu. Podle výpočtů a grafu 7-1 je patrné, že největší tepelné ztráty jsou okny, dveřmi, vraty a podlahou. Nejedná se o starý dům, takže výměna uvedených výplní nepřipadá v úvahu. Pro částečnou minimalizaci ztrát se tak nabízí pouze možnost použití nějaké podlahové krytiny, která je z ekonomického hlediska nejefektivnější, ale její přínos je, v případě využití podlahového vytápění, diskutabilní.

Dále jsem se zabývala pouze volbou spalovacího zdroje. Po průzkumu trhu malých spalovacích zdrojů o nižším tepelném výkonu, jsem vybrala kotle značek: Atmos, Viadrus, Hercules, Thermona, Mora-Top, Vaillant a Protherm. Na základě obchodních parametrů jsem porovnávala vypočtené roční náklady na vytápění při použití uvedených kotlů a zohlednila jsem také jejich pořizovací cenu. Výsledky jsem srovnala se současným systémem vytápění rodinného domu (plynový kotel Vaillant a litinová kamna Saey).

Rozborem se prokázalo, že používaný systém vytápění je optimální a při současném způsobu provozu i neekonomičtější. Náklady na vytápění kamny Saey jsou 19 249 Kč, nevýhodou je pouze jejich emisní třída, která je příčinou produkce vyššího množství emisí než u plynového kotle. Pro vylepšení emisní bilance je v záloze plynový kotel Vaillant s ročními náklady 23 847 Kč, kterým mohou být kamna nahrazena bez nutnosti pořizování nového zdroje vytápění.

## **11 Poděkování**

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Výtiskovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, ochotu a vstřícnost při konzultacích.



## 12 Citace

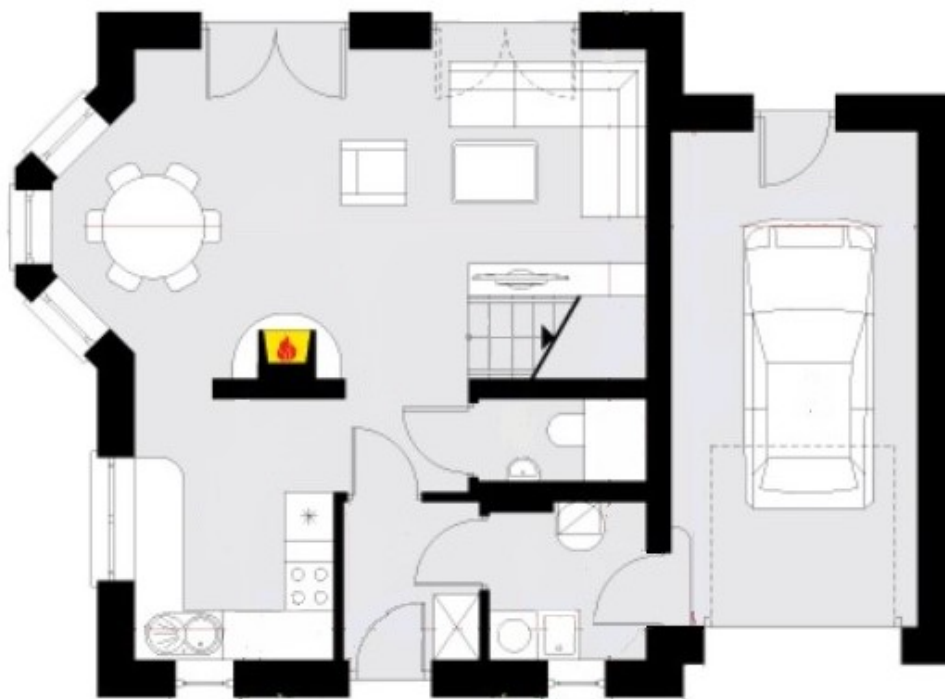
- [1] DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada Publishing, 2007. Profi & hobby, 125. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [2] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. Profi & hobby, 99. ISBN 80-247-0642-3.
- [3] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-079-2.
- [4] KOLONIČNÝ, Jan, Veronika BOGOCZOVÁ a David KUPKA. *Lokální vytápění - reálné možnosti a podmínky snížení škodlivých emisí*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2011. ISBN 978-80-248-2374-4.
- [5] *Paliva a energie*. ATMOS [online]. Praha: Copyright, ©1990 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/paliva-a-energie/>
- [6] *Jak vybrat kotel na tuhá paliva? Dle účinnosti, emisní třídy i dotace*. iReceptář [online]. Praha: Copyright, ©2005-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/jak-vybrat-kotel-na-tuha-paliva-dle-ucinnosti-emisni-tridy-i-dotace.html>
- [7] *Možnosti vytápění pro Váš domov*. Svépomoci.cz: Zkušenosti, rady a pracovní postupy ze stavby i rekonstrukce domu nebo bytu [online]. Praha: Copyright, ©2009-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: [https://www.svepomoci.cz/stavba-domu/rozvody-a-instalace/4486-moznosti-vytapeni-pro-vas-domov.html?fbclid=IwAR2wM7PVhKWvm0zcv\\_yRb7X0D4e4RC-6ZzK9mbzfRiT3Yyu2UBB\\_uwd1IpM](https://www.svepomoci.cz/stavba-domu/rozvody-a-instalace/4486-moznosti-vytapeni-pro-vas-domov.html?fbclid=IwAR2wM7PVhKWvm0zcv_yRb7X0D4e4RC-6ZzK9mbzfRiT3Yyu2UBB_uwd1IpM)
- [8] *Vytápění lehkými topnými oleji*. Topenáři EKOMPLEX [online]. Praha: Copyright, ©2018 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-kapalna-paliva/kotle-na-olej/>
- [9] *Vytápění rodinného domu – výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů tepla*. Chytré bydlení.cz [online]. Brno: Propeople marketing s.r.o, ©2011 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: [http://www.chytre-bydleni.cz/vytapeni-rodinneho-domu-vyhody-a-nevyhody-jednotlivych-zdroju-tepla?fbclid=IwAR1bIF74HawT477pJA99Tg87HwI-qPq4crAqgype\\_LqhyIRQF0ASH7LdFD4](http://www.chytre-bydleni.cz/vytapeni-rodinneho-domu-vyhody-a-nevyhody-jednotlivych-zdroju-tepla?fbclid=IwAR1bIF74HawT477pJA99Tg87HwI-qPq4crAqgype_LqhyIRQF0ASH7LdFD4)

- [10] *Novela zákona o ochraně ovzduší pro lokální topidla na pevná paliva*. TZB-info [online]. Copyright, ©2001-2020 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/17699-pohledem-znalce-co-prinese-novela-zakona-o-ochrane-ovzdusi-pro-lokalni-topidla-na-pevna-paliva>
- [11] *Protherm*. TOPENILEVNE.CZ [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o., ©2007-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-ray-12keb60zb-p50648/>
- [12] *Thermona THERM PRO 14 XZ.A* TOPENILEVNE.CZ [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o., ©2007-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/thermona-therm-pro-14-xz-a-okh-100-ntr-hv-p55065/>
- [13] *Mora-Top Helios ECO 18KK Kotel plynový*. TOPENILEVNE.CZ [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o., ©2007-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/mora-top-helios-eco-18kk-p76899/>
- [14] *Olejové kotle Hercules U22 PN*. VIADRUS.CZ [online]. Bohumín: graphic house, ©2013 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.viadrus.cz/olejove-kotle/olejovy-kotel-hercules-u22-pn-27-cz9.html>
- [15] *Atmos D 15 P Kotel na tuhá paliva*. TOPENILEVNE.CZ [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o., ©2007-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/atmos-d-15-p-p43651/>
- [16] *Automatický kotel na tuhá paliva VIADRUS A3W*. VIADRUS.CZ [online]. Bohumín: graphic house, ©2013 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.viadrus.cz/automaticke-kotle/automaticky-kotel-na-tuha-paliva-viadrus-a3w-29-cz34.html>
- [17] *Vaillant VU 146/5-5 ecoTEC plus kondenzační kotel*. TOPENILEVNE.CZ [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o., ©2007-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/vaillant-vu-146-5-5-ecotec-plus-p37544/#gallery>
- [18] *Vaillant VUI 242-7 aquaPLUS*. Navio.cz [online]. Boskovice: Shopsys, ©1992-1998 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.navio.cz/vaillant-aquaplus-vui-242-7-turbo/>
- [19] *Ministerstvo životního prostředí. Ochrana životního prostředí* [online]. Praha, 2012 [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/>
- [20] *Tepelněizolační tvárnice Lambda YQ*. Ytong [online]. Brno: Copyright, ©1996 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/tepelneizolacni-tvarnice-lambda-yq.php>

- [21] *EURO-DESING 70*. Rehau [online]. Česlice: Copyright, ©1992 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/cz-cs/stavebnictvi-podnikatele/okenni-systemy-a-fasady/okenni-systemy/euro-design-70>
- [22] *Litinová kamna Saey*. Litinová kamna [online]. Příbor: Copyright, ©2008 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.litinovakamna.cz/litinova-kamna-saey-94-top-uhli-drevo-antraciova-seda?sort=p.model&order=DESC&limit=100>
- [23] *Aero-THERM Floor*. THERMO INDUSTRY, a.s. [online]. Pardubice, ©2009 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: [https://www.thermoindustry.com/podlahova-sterka/?gclid=CjwKCAjwmKLzBRBeEiwACCVihqmeMN3XKoNxS6PrHQBkiwiqvVHIIbrOx0qjUmtIL2vwl5XgJqVYKR0C-xIQAvD\\_BwE](https://www.thermoindustry.com/podlahova-sterka/?gclid=CjwKCAjwmKLzBRBeEiwACCVihqmeMN3XKoNxS6PrHQBkiwiqvVHIIbrOx0qjUmtIL2vwl5XgJqVYKR0C-xIQAvD_BwE)
- [24] *Mirelon. Fondo* [online]. Uherské Hradiště: Copyright, ©2006 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: [https://www.fondo.cz/mirelon-2-mm-podlozka-pod-podlahy-27-5-m2/?gclid=Cj0KCQjwpLfzBRCRARIsAHuj6qWUzCVXfGocQ4ar5vP9GrgK4sUrGiI\\_-2IKHRdm0jo6AIeQt9jLqPEaAkcFEALw\\_wcB](https://www.fondo.cz/mirelon-2-mm-podlozka-pod-podlahy-27-5-m2/?gclid=Cj0KCQjwpLfzBRCRARIsAHuj6qWUzCVXfGocQ4ar5vP9GrgK4sUrGiI_-2IKHRdm0jo6AIeQt9jLqPEaAkcFEALw_wcB)
- [25] *Katalog stavebních materiálů*. TZB-info [online]. Copyright, ©2001-2020 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: [https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086\\_katalog.html](https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html)
- [26] ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zobrazit detail normy na stránkách vydavatele, 1993.
- [27] ČSN EN 12831. *Vnitřní výpočtové teploty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zobrazit detail normy na stránkách vydavatele, 2018.
- [28] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ztráta budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zobrazit detail normy na stránkách vydavatele, 2011.
- [29] ČSN 38 3350. *Zásobování teplem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zobrazit detail normy na stránkách vydavatele, 1993.
- [30] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zobrazit detail normy na stránkách vydavatele, 2009.
- [31] Zákon č. 121/2012 Sb., *Zákon o ochraně ovzduší*.

## 13 Seznam příloh

### Příloha A



[illegible]





Příloha D – Řez A–A

